

Ce document a été reproduit à partir de photocopies d'archives d'un article paru dans le numéro 677 , Février 1974 de la revue Science & Vie. Ces photocopies nous ont été gracieusement offertes par la revue

Science & Vie
1 rue du Colonel Pierre Avia
Paris 75015, France

sous les bons soins de Monique Vogt que nous remercions sincèrement .

Pierre Corbeil pour Hydro-Plasmol



RENÉ-LOUIS VALLÉE

INGÉNIEUR E.S.E. 1979

DIPLOME D'ÉTUDES APPROFONDIES

EN TRAITEMENT ÉLECTRONIQUE DE L'INFORMATION ET SYSTÈMES ASSERVIS



C.E.N. Saclay : 944.80.00

Boite 33.65
vendredi 14.30

Mr Vergez D.A.M.

4, ALLÉE DES COPALMS
91380 CHILLY MAZARIN

TÉL. 909.10.10

4/20 1944

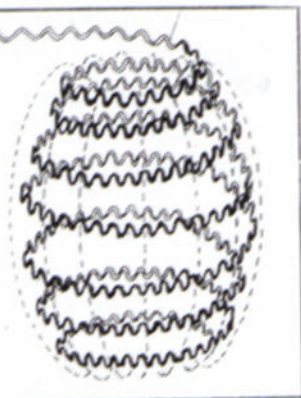
UN FRANÇAIS DÉCOUVRE: LE VIDE EST UNE FORME D'ÉNERGIE

*Les théories unitaires
de la physique
avaient échoué car l'univers
n'est pas relativiste.
Un ingénieur de Saclay,
R.L. Vallée,
montre que le monde
est fait d'énergie
même le vide intersidéral.*

● Ce qui anime la main du physicien quand il rédige la formule harmonieuse qui résume l'univers, ce n'est ni l'instinct animal, ni l'élan vital, ni le génie créateur, mais plus simplement l'énergie cinétique libérée dans ses doigts par la combustion de quelques protéides, lipides et glucides ; lesquels éléments tiennent à leur tour leur énergie interne du pétrole, du soleil, des chutes d'eau ou de tout autre source primaire. Et les difficultés commencent dès qu'on veut remonter au principe originel qui a lui-même alimenté cette source. Voilà près d'un demi-siècle que la question est devenue complètement ésotérique, et que la physique fondamentale se trouve acculée dans une impasse dont elle ne semble pas arriver à sortir, malgré ces réalisations éclatantes que sont la bombe H ou la conquête planétaire.

Pendant des siècles, la notion d'énergie fut liée à celle de mouvement, lequel incarnait l'élan vital, celui des êtres comme celui des choses. Les premiers physiciens quantifièrent cette énergie, autrement dit la traduisirent en nombres qui représentaient la mesure du phénomène.

La matière
sous sa forme
élémentaire
de particules
ne serait que
de l'énergie
concentrée :
un enroulement
de rayonnements.



On conçoit alors qu'il y avait identité entre énergie et travail, et que l'énergie contenue dans un mobile n'était autre que la somme de travail qu'il pouvait fournir avant arrêt complet. Plus tard, la thermodynamique vint montrer à son tour que la chaleur est une forme d'énergie, mais une forme dégradée, c'est-à-dire proche du désordre complètement aléatoire. On ne passe donc de la chaleur au mouvement qu'au prix de lourdes pertes, avec un rendement toujours médiocre. Puis vint la physique contemporaine, et les initiés connurent que tout ce qui bouge, rayonne, oscille, brille ou ondule, est énergie. Mais il y avait tant de mouvements énergétiques divers que chacun finit par posséder sa théorie, laquelle ne se raccordait que rarement avec ses voisines.

Il y a ainsi la mécanique classique, la mécanique ondulatoire, la mécanique relativiste avec des forces et des énergies qui souvent s'ignorent mutuellement : forces de gravitation, forces électrostatiques, actions de magnétismes, interactions fortes ou faibles au sein des noyaux atomiques. L'énergie cessa d'être conti-

nie avec la physique quantique qui ne lui permit plus de se manifester que par petits sauts, comme des grains de blé dans un sac. Entre les étoiles et les atomes, le divorce était complet : les lois relatives aux uns étaient sans effet notable sur les autres. Dès le début du XX^e siècle tous les grands physiciens, devinrent conscients de cette énorme faille dans l'édifice de la physique, et la recherche d'une théorie unitaire se fit comme une course au trésor : à chacun sa voie, et que le meilleur gagne.

Il manquait sans doute un meilleur, car aucun ne parvint au but. Fait plus grave, les tenants de la science officielle masquèrent cet échec derrière la façade d'un édifice mathématique invraisemblablement complexe, véritable blindage contre toute tentative d'investigation. Derrière ce mur, pourtant, bien des physiciens commençaient à se sentir à l'étroit, mais braver le dogme reste une entreprise hasardeuse, surtout à une époque où il est devenu mondialement officiel.

Ne pas renoncer à comprendre

Et c'est finalement un ingénieur qui, le premier, a décidé de sortir de l'ombre et de montrer une voie qui permettrait à la fois de sortir des contradictions actuelles et de réaliser une véritable théorie unitaire de tous les phénomènes. Cet ingénieur, René-Louis Vallée, qui vient de Supélec et travaille aujourd'hui au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, n'est pas parti au hasard dans ses recherches. Comme il le dit lui-même, les conceptions qui l'ont guidé sont très simples : n'ayant jamais compris logiquement la relativité, et encore moins la mécanique ondulatoire, il s'est aperçu qu'il n'était pas seul dans ce cas, et que ceux-là même qui affirmaient comprendre ne comprenaient guère mieux que ceux qui avouaient n'y rien comprendre. C'était déjà ennuyeux.

Mais il est beaucoup plus grave que cette incompréhension ait amené un esprit de renoncement qui ne peut être mieux illustré que par cette assertion d'un physicien connu et confirmé : « Il n'est point nécessaire de s'arrêter pour comprendre là où il n'y a rien à comprendre, mais où il suffit simplement de se laisser guider par le formalisme de la méthode ». Il se trouve heureusement qu'un ingénieur refuse cet acte de foi qui frise l'obscurantisme, et René-Louis Vallée en ressentit l'attristante impression d'être trompé, de bonne foi, par ceux qui avaient mission de dispenser l'enseignement. Comme il l'a écrit récemment, il lui était difficile de croire à des concepts aussi puérils que ceux de la contraction de l'espace et du temps, à cet espace merveilleux pourvu de quatre dimensions impossibles à percevoir, à ces photons espiègles, tantôt corpuscules, tantôt vibrations d'un continuum qui s'employaient sous le couvert protecteur du principe d'incertitude, à déjouer toutes les tentatives faites pour en mieux comprendre la nature et le comportement bizarre.

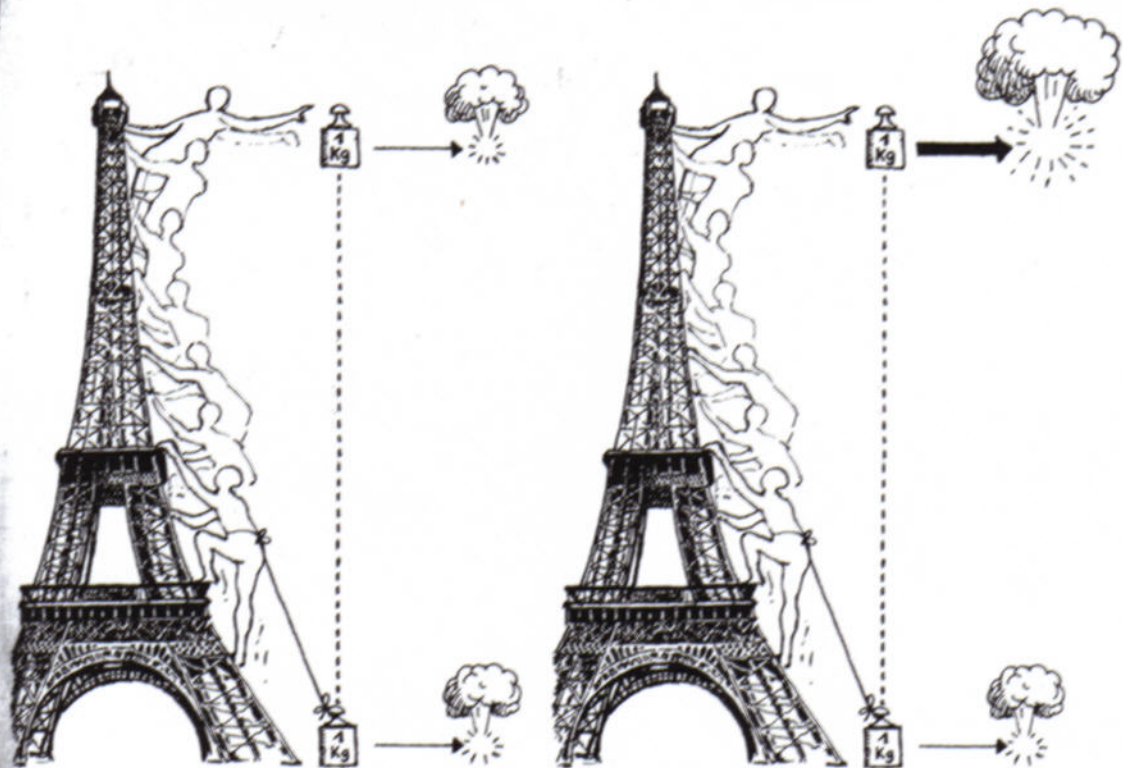
D'où cette conviction qui lui vint que l'univers est cohérent et non pas absurde ; qu'il n'apparaît pas, dans ses manifestations, comme le résultat d'un hasard ou d'une quelconque nécessité, malgré les affirmations de la science moderne. D'où la certitude qu'il existe un grand principe universel de cohérence : « Tous les phénomènes de la nature susceptibles d'être appréhendés expérimentalement, dans l'univers, sont cohérents ; ce qui signifie qu'ils dépendent tous, de façon plus ou moins étroite et par des relations plus ou moins complexes, les uns des autres en se manifestant, chacun, comme la résultante locale d'une dynamique universelle. Ils ne peuvent donc, en aucun cas, dans l'espace et dans le temps, se trouver en contradiction avec l'état de l'univers tel qu'il doit être, à cet endroit et à cet instant. »

C'est donc l'abandon de la relativité ; pour être franc, ce n'est pas un mal. D'abord parce qu'il n'y a pas une relativité, mais des relativités : modèle d'Einstein-Mayer, d'Einstein-Bergmann, d'Einstein-Lemaitre, d'Einstein-Schrödinger, et ainsi de suite. Ensuite, parce que la relativité est basée sur un cadre mathématique absolument hermétique, celui du calcul tensoriel associé aux géométries de Riemann. A l'origine, le calcul tensoriel fut conçu pour rendre compte en mécanique classique des tensions internes dans un corps soumis à une déformation élastique ; sous cette forme limitée il est abordable à tout ingénieur. Étendu aux géométries multidimensionnelles, il ne recouvre plus que ce qu'on a bien voulu y mettre au départ, et devient si complexe qu'il y a de quoi y perdre toutes ses inconnues, et la réalité avec. Enfin, la relativité a totalement échoué comme cadre mathématique à réaliser une théorie unitaire de la physique.

Au siècle des techniques, dit M. Vallée, il faut utiliser, pour comprendre et se faire comprendre, le langage clair de l'ingénieur. Le cadre mathématique sera celui du calcul vectoriel, discipline étudiée et connue dès la préparation aux grandes écoles, qui est familière à tous les ingénieurs, techniciens supérieurs, et bien entendu aux universitaires. Précisons que le calcul vectoriel se limite ici à un espace euclidien amélioré de géométrie différentielle. L'univers a donc bien nos trois dimensions habituelles, ce qui est tout de même plus réaliste qu'un espace-temps à courbure imaginaire. Grâce à quoi, comme l'a remarqué le Pr. Essen, directeur scientifique du laboratoire de physique de Teddington, en Angleterre, M. Vallée a pu déduire les équations fondamentales de la mécanique quantique, de la mécanique ondulatoire et des champs de gravitation sans faire appel aux principes de la relativité, et, répétons-le, par le seul moyen du calcul vectoriel.

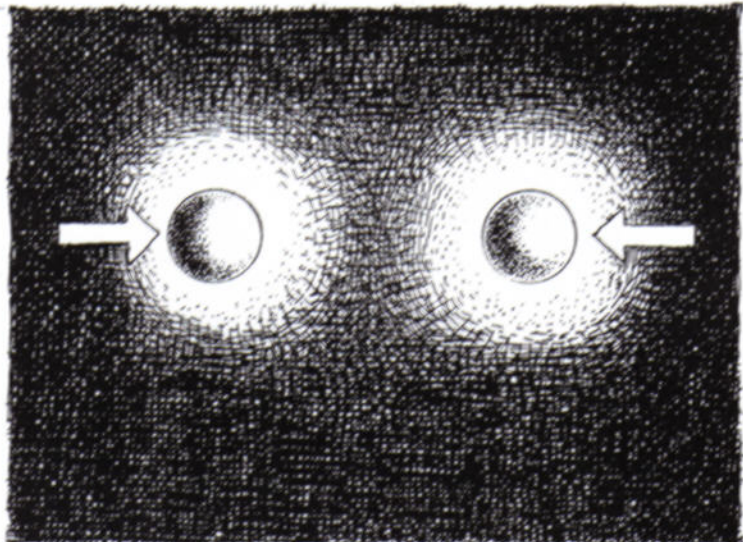
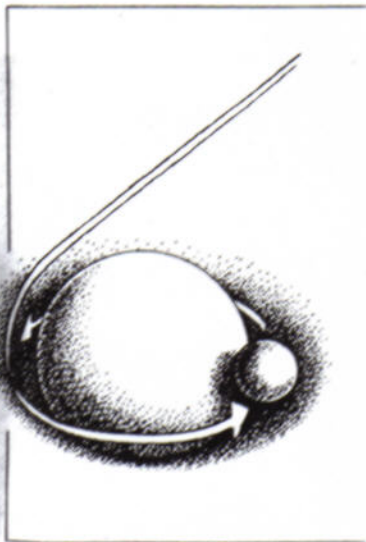
Bien entendu, l'auteur n'a pas refait toute la physique pour autant. Comme tous les découvreurs, il est parti des travaux de ses prédécesseurs, se contentant d'ajouter ces quelques pierres nouvelles qui font converger l'édifice

(Suite du texte page 18)



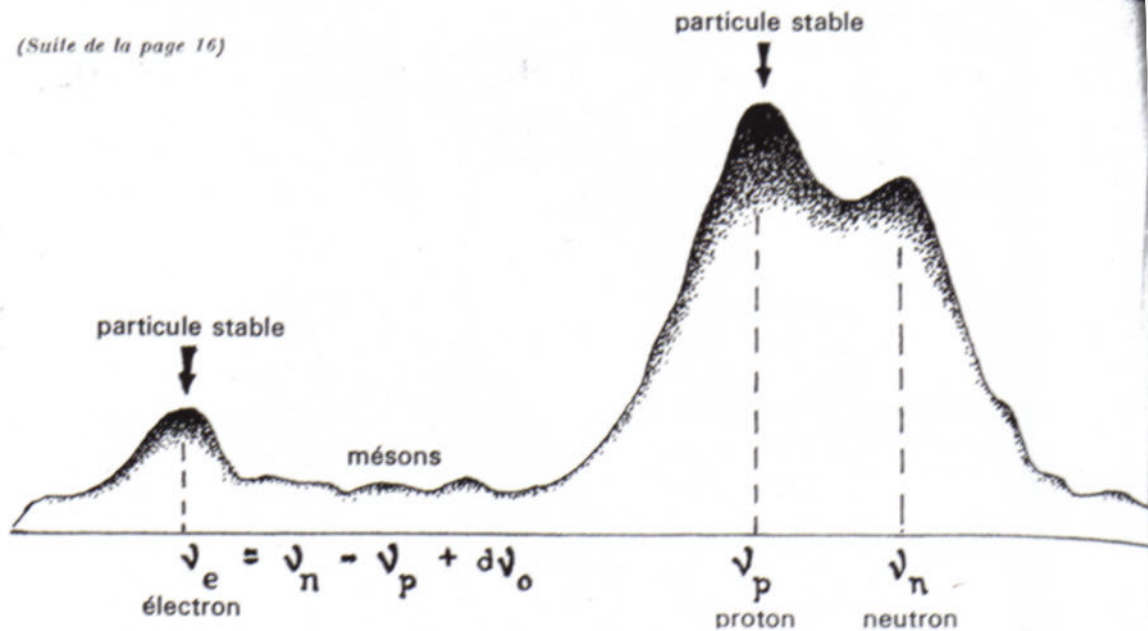
UNE ÉNERGIE QUI NE FIGURE PAS DANS L'ÉQUATION D'EINSTEIN

Selon les relativistes (à gauche) une masse de matière possède toujours la même énergie totale intrinsèque, égale au produit de cette masse par le carré de la vitesse de la lumière. Que cette masse soit, par exemple, en haut ou en bas de la Tour Eiffel, cette énergie est toujours la même selon l'équation immuable $E = MC^2$. Or un poids de 1 kg monté au sommet de la Tour Eiffel possède « en plus » une énergie potentielle utilisable (accroché à une poulie il ferait tourner une dynamo tout le temps de sa chute) qui n'apparaît pas dans l'équation relativiste. Mais pour la synergétique, cette énergie potentielle se retrouve en cas de désintégration complète : parce que dans l'équation $E = mc^2$, c'est nécessairement plus grand en haut qu'en bas.



L'ATTRACTION UNIVERSELLE NE SERAIT QUE « LE POIDS DES CIEUX »

Newton avait constaté que deux masses quelconques s'attirent. La relativité y voyait une propriété géométrique de l'espace-temps, la masse creusant une cuvette dans laquelle vient tourbillonner tout autre corps. Pour la synergétique, l'attraction est un mirage : en réalité, c'est l'énergie diffuse de l'univers qui pousse deux masses l'une vers l'autre.



vers l'unité. Ici, la base n'est autre que la théorie électromagnétique de Maxwell, telle qu'elle est développée dans tout traité d'électricité. Il s'agit donc d'une théorie parfaitement connue de tous les étudiants en physique. M. Vallée n'ajoute qu'une hypothèse à cet édifice : l'existence d'une valeur limite du champ électrique, en l'occurrence $38,67 \cdot 10^{15}$ V/m, au-delà de laquelle l'énergie prend la forme matière.

Moyennant ces deux hypothèses, il a été possible de bâtir une théorie unitaire de la physique qui englobe tous les phénomènes connus de la mécanique ondulatoire à la gravitation, avec leurs lois les plus générales. Il n'est évidemment pas question de faire ici une étude complète de la théorie, avec les développements mathématiques que cela suppose, puisqu'il a fallu pour cela un ouvrage complet (1).

Rappelons simplement que l'électrostatique rattache au champ électrique un vecteur « déplacement » qui est égal au vecteur champ que multiplie la permittivité du milieu. De même le magnétisme définit un vecteur « induction », produit du vecteur champ par la perméabilité du milieu. Le produit vectoriel des deux définit alors, dans une volume limité, la densité de quantité de mouvement. De même, l'intégrale triple de cette densité étendue au volume considéré donne la densité totale de quantité de mouvement. Or, la théorie de Maxwell permet de définir, pour tout phénomène, un milieu de référence physique par rapport auquel cette intégrale triple étendue à un volume limité reste macroscopiquement nulle en moyenne statistique. Par définition, on dira que cette intégrale définit alors un milieu de référence à inertie stationnaire lié au volume V.

La découverte de M. Vallée, c'est d'avoir vu que tout phénomène physique peut alors être

considéré isolément comme résultant de l'interaction de deux milieux énergétiques ainsi définis. L'un de ces milieux, localisé dans l'espace et le temps, peut quantitativement s'exprimer par une masse équivalente m associée au domaine limité où se circonscrit la manifestation du phénomène étudié ; l'autre milieu, lié à l'espace physique de référence environnant, qui contient par conséquent le phénomène lui-même, peut se définir, dans son interaction globale avec le milieu de masse m , par le potentiel synergétique U_s .

L'énergie totale, E_s , ou synergie, qui peut être associée au phénomène étudié, exprimé en joules, correspond alors à la relation fondamentale $E_s = m \cdot U_s$. La synergie exprime, sans aucune exception, la somme de toutes les énergies présentes au sein du milieu limité et localisé, défini comme appartenant au phénomène décrit.

Et la lumière devient matière

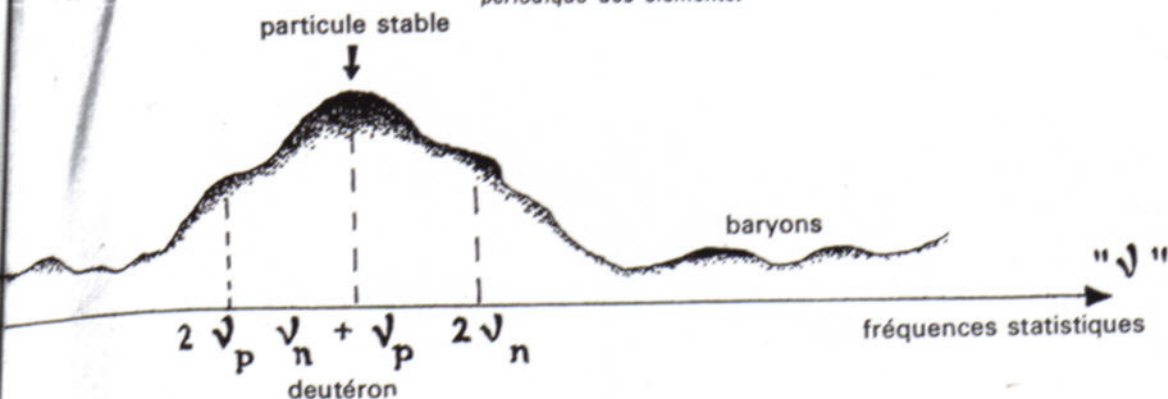
L'analyse dimensionnelle, discipline qui s'occupe de l'homogénéité des formules physiques, montre alors que le potentiel synergétique U_s est homogène au carré d'une vitesse $(L \cdot T^{-1})^2$. On peut alors poser $U_s = c^2$ et $E_s = mc^2$. L'étude des équations de Maxwell conduit à attribuer à c une valeur pratiquement égale à celle de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide de matière, ramenée au milieu physique de référence, lorsque cette vitesse est, en moyenne, constante et isotrope dans ce milieu.

Si les variations de c sont négligeables et restent, comme c'est souvent le cas, inaccessibles à la mesure ou si elles n'interviennent pas dans des relations différentielles concernant la synergie, l'approximation relativiste à vitesse constante que permettent d'établir les équations de Maxwell demeure numériquement valable. Ces

(1) L'énergie électromagnétique matérielle et gravitationnelle, par R.L. Vallée, Masson & C^o Ed.

CETTE COURBE REPRÉSENTE LA DÉCOUVERTE FONDAMENTALE DE R. L. VALLÉE : C'EST A CHACUN DE SES SOMMETS QUE L'ÉNERGIE SE TRANSFORMERAIT EN MATIÈRE

Il y a deux fréquences premières dans l'énergie diffuse qui emplit l'univers : celle du proton et celle du neutron. Les multiples combinaisons de ces deux fréquences fondamentales et de leurs harmoniques donnent une courbe de distribution dont les pics correspondent aux éléments les plus stables. Celle tracée ici ne concerne que les éléments légers mais son prolongement redonne toute la classification périodique des éléments.



variations permettent par contre de calculer simplement l'expression des champs de gravitation ou, aussi bien, celles des accélérations d'inertie, sans faire appel au formalisme compliqué de la relativité générale.

Cette découverte des milieux énergétiques dont l'existence se traduit par une densité de quantité de mouvement définie en termes électromagnétiques, entraîne un certain nombre de conclusions logiques extrêmement importantes qui résultent de l'application des équations de Maxwell et des transformations de Lorentz qu'il faut alors interpréter comme l'expression des lois générales d'interaction de ces milieux. Il ne manquait plus pour compléter l'ensemble qu'une loi permettant d'établir un lien cohérent entre la physique quantique, la mécanique ondulatoire, la théorie électromagnétique et la gravitation.

Cette loi, découverte par M. Vallée, est celle des zones limites et elle s'énonce ainsi : « s'il arrive dans un milieu isotrope à inertie stationnaire, qu'au cours du déroulement d'événements électromagnétiques, l'énergie se trouve concentrée en des zones où le champ électrique puisse atteindre une valeur limite (égale à $38,67 \cdot 10^{15}$ V/m), les propriétés de l'espace, dans ces zones limitées à des volumes élémentaires ténus, se modifient alors de telle sorte que la divergence du champ électrique y prend une valeur non nulle afin d'interdire tout dépassement de la valeur limite.

Il existe alors au moins deux volumes micro-biques jointifs v_1 et v_2 finis, constituant une zone v , dans lesquels l'intégrale bornée de la divergence de l'induction électrique fournit respectivement les valeurs quantifiées $+q$ et $-q$, qui ne sont autres que la charge de l'électron. Cette loi de matérialisation de l'énergie et l'existence des milieux énergétiques permettent, en y associant les équations de Maxwell, d'établir les lois fondamentales de la physique nucléaire, de la mécanique ondulatoire et de la gravita-

tion, tout en retrouvant celles de la mécanique classique.

L'univers de la théorie synergétique est donc fondamentalement différent de l'espace relativiste. Tout d'abord, le modèle géométrique en est celui d'Euclide avec les trois dimensions habituelles. Ensuite, il n'existe pas d'espace vide, mais un espace rempli de deux formes d'énergies, diffuse ou matérialisée. L'énergie diffuse est celle des ondes électromagnétiques qui emplissent tout l'univers. Ce sont des ondes transversales de grande énergie dont les fréquences sont incroyablement hautes, de 10^{16} à 10^{27} gigahertz. Autrement dit, leurs longueurs d'onde est du même ordre de grandeur que le diamètre de l'électron. Ce milieu diffus, qu'on croyait le vide, renferme en réalité une énergie dantesque : entre 1 m^3 d'espace, vide de matière, choisi à la surface de la Terre, et 1 m^3 d'espace intersidéral suffisamment éloigné de toutes masses, il existe une différence d'énergie de gravitation de l'ordre de $57\,150 \text{ MJ}$.

Il résulte ensuite de la théorie que les ondes ne se propagent pas dans le vide : elles se propagent dans un milieu constitué par toutes les autres ondes électromagnétiques qui, de ce fait, existent de toute éternité ; l'énergie voyage à travers l'énergie. Quant au principe de synergie (du grec sun : avec, et ergon : travail) il exprime simplement qu'un phénomène n'existe que par rapport à tous les autres. Il n'est pas question de calculer le potentiel synergétique de l'univers, qui est sans doute infini, mais uniquement celui d'un phénomène que l'on étudie en rapport avec toute l'énergie diffuse de l'univers.

Il en résulte que les deux paramètres classiques de l'électromagnétisme, ϵ et μ , permittivité et perméabilité, ne sont nullement des constantes dans le vide, puisqu'il n'existe pas de vide. La vitesse de la lumière, liée classiquement à ces paramètres par la relation $c^2 =$

$1/\epsilon\mu$ n'est pas plus constante non plus. Elle ne l'est que dans le milieu de référence à inertie stationnaire. Enfin, la constante de Planck perd également sa fixité.

Il faut dire que la physique y gagne alors en simplicité. On tient ϵ et μ pour constantes si le phénomène étudié est petit par rapport à l'ensemble des énergies. Les équations de Maxwell ne sont valables que pour un phénomène petit, mais par intégration ces équations donnent le phénomène global. L'univers physique se divise alors en deux parts : énergie diffuse et énergie matérialisée. La matière n'existe donc pas en tant que telle : les particules ne sont que la manifestation d'un rayonnement parvenu au potentiel limite et qui se met à tourner sur lui-même, comme enfermé dans un tonneau dont l'axe de rotation n'est autre que l'axe de spin.

Le photon, cette fantomatique particule de lumière, n'est qu'une zone disruptive se propageant de proche en proche. Tout l'univers se trouve alors sous la dépendance de deux fréquences fondamentales : celle du proton et celle du neutron. L'intermodulation de ces deux fréquences du rayonnement diffus donne une courbe générale dont les pics correspondent justement aux particules et aux noyaux atomiques. Plus le pic est net et haut, plus la particule est stable, et on retrouve sur cette courbe de fréquences toute la classification de Mendéléev. Avec cette hypothèse, la matière n'est donc qu'une résonance particulière des fréquences fondamentales de l'énergie diffuse. Bien entendu, la courbe de distribution n'est pas une courbe de hasard.

La loi de poussée universelle

Quant aux énergies de liaisons entre particules elles sont dues au décalage de pics empilés de la courbe, et les noyaux radioactifs correspondent à des pics bas par rapport au niveau moyen voisin de la courbe de distribution de densité d'énergie diffuse. Il est de toute façon impossible d'avoir une concentration de matière trop grande : le déséquilibre entre énergie diffuse et énergie matérialisée engendre une instabilité qui conduit à la rupture. Bien entendu, l'énergie une fois matérialisée ne change pas de valeur au gré des repères de référence et des vitesses qui les animent. Il en résulte que la masse propre d'un objet, la masse newtonienne de matière, ne change pas avec la vitesse, contrairement à ce qu'enseignait la relativité. Ce qui change, c'est bien la vitesse de la lumière elle-même ; c'est donc la synergie du phénomène étudié qui ne change pas, laquelle représente sa quantité d'énergie totale.

Comme le montrent les équations de R.L. Vallée, ces variations de la vitesse de la lumière expliquent deux processus essentiels de la physique : les forces d'inertie ne sont que les variations dans le temps de cette vitesse, alors que les forces de gravitation en sont les variations dans l'espace. La vitesse $c = 300\,000$ km/s n'est donc vraie que pour nous, mais les dif-

férences d'une masse à une autre sont très faibles : entre la surface du Soleil et la surface de la Terre, cette variation n'est que de 300 m/s, soit un millionième de différence. Il en résulte toutefois que la densité d'énergie diffuse baisse au voisinage des masses qui représentent l'énergie matérialisée.

Donc les forces de gravitation ne sont qu'une accélération du milieu due à une répartition anisotrope de la densité d'énergie diffuse. Il en résulte que, contrairement à ce qu'on croyait, deux corps matériels ne sont pas attirés l'un par l'autre, mais ils sont en réalité poussés l'un vers l'autre par l'énergie diffuse plus forte au-delà des deux masses qu'entre les deux.

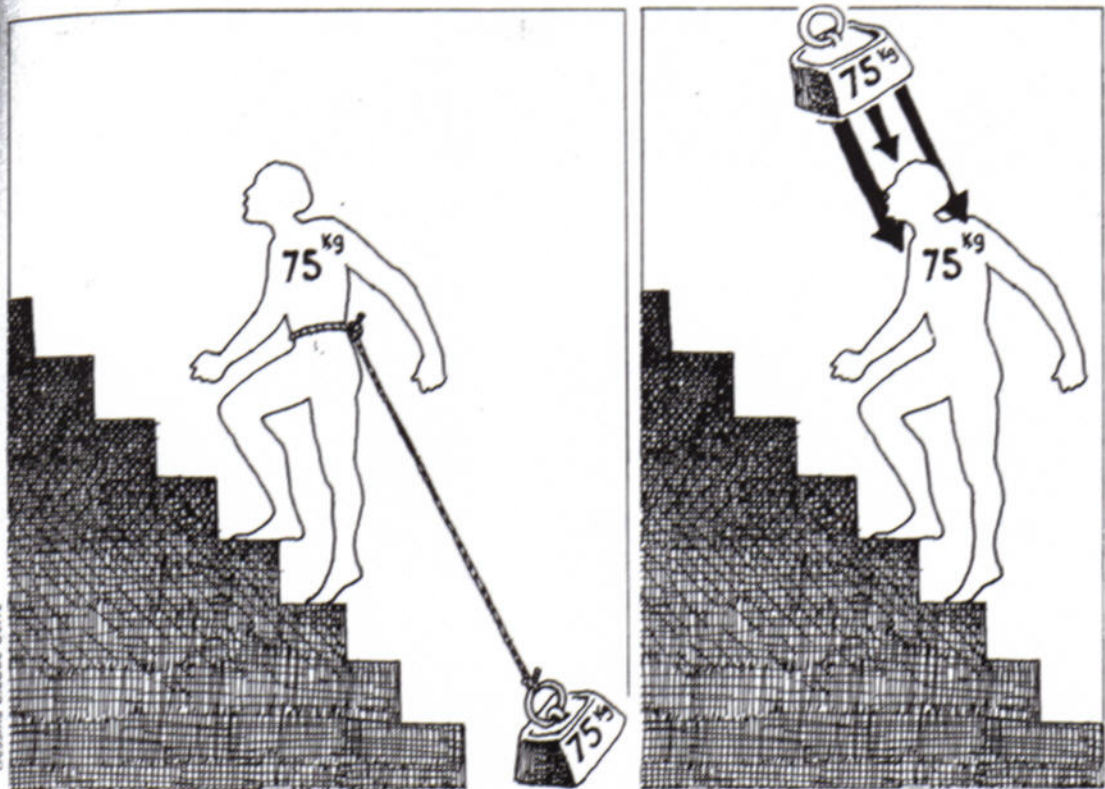
Cette différence de densité correspondant d'ailleurs, comme nous l'avons dit, à une différence de vitesse de la lumière, cette dernière va être courbée au voisinage des masses. Tout se passe comme si l'indice de réfraction du milieu était variable ; cette courbure de la lumière réclamait en relativité une interprétation géométrique très ésotérique. Quant aux ondes de gravitation, qui sont longitudinales, elles se propagent évidemment à la vitesse des ondes électromagnétiques dans le milieu considéré.

On montre que ces forces de gravitation sont bien dues à une énergie potentielle, le potentiel de gravitation lui-même en l'absence de mouvement étant égal à c^2 , carré de la vitesse des ondes dans le milieu étudié. Les mêmes calculs permettent d'ailleurs de retrouver toutes les équations des liaisons nucléaires ou de la mécanique quantique avec toutefois cette correction que la célèbre formule de Planck $W = h\nu$ doit être interprétée comme le produit d'un paramètre h localement constant par une fréquence qui est, non pas fixe, mais statistique.

Reste alors, ce qui sera le plus intéressant pour l'humanité, à tirer parti de cette immense énergie diffuse qui remplacerait avantageusement le pétrole, le gaz, le charbon et même l'uranium dans la foulée. Or cette énergie diffuse, dit M. Vallée, il y a longtemps que les physiciens l'ont trouvée sans lui donner d'explication très cohérente : il s'agit des fameux neutrinos, ces particules dotées d'une énergie incroyable mais privées de masse et n'ayant pratiquement jamais d'interaction avec la matière. Or le neutrino en fait, n'est autre que de l'énergie pure, due à l'interaction du milieu matériel avec le milieu diffus en perpétuel mouvement.

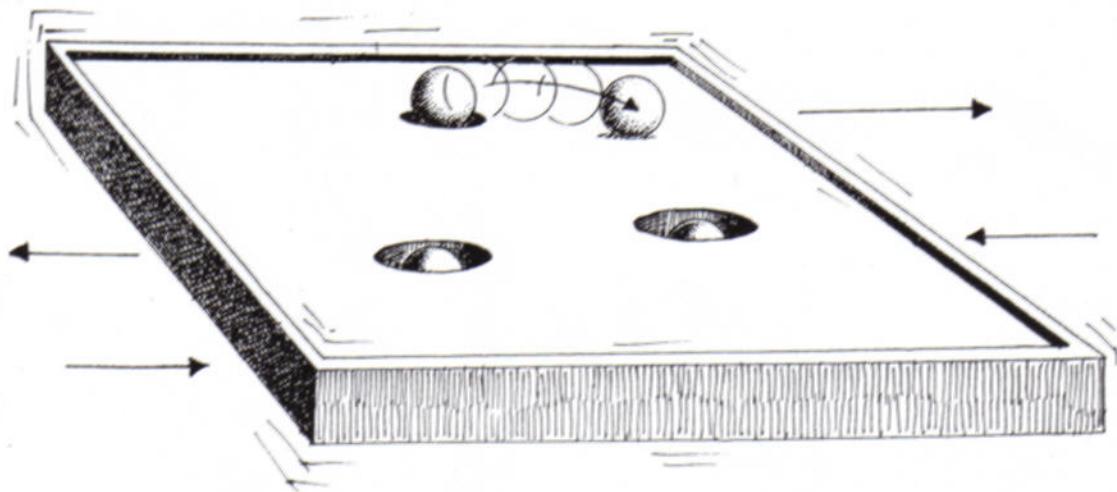
Or il est une réaction nucléaire simple qui restitue justement ce neutrino : 1 électron + 1 proton donne 1 neutron + 1 neutrino. Capter ce neutrino et donc l'énergie ainsi libérée sera sans doute une affaire délicate. Mais comme dit M. Vallée, que les physiciens admettent ma théorie ou ne l'admettent pas, c'est tout de même la voie sur laquelle il faut se pencher. Car il serait surprenant de découvrir que tout l'univers n'est qu'énergie, et de se trouver réduit à quia faute de quelques bidons de pétrole.

Renaud de la TAILLE ■



EN RÉALITÉ, C'EST TOUT L'UNIVERS QUI EST ÉNERGIE

Pour la synergétique, l'homme qui monte l'escalier ne tire nullement son propre poids : au contraire, il le repousse vers le haut, car en montant il doit vaincre une pression de l'énergie diffuse de plus en plus grande selon Vallée. Tout l'univers est rempli de cette énergie, en quantité fantastique, sous forme de rayonnements électromagnétiques de très haute fréquence.



PARTICULES STABLES : DES BILLES DANS UN TROU PROFOND

Selon la théorie du Pr. Vallée, les particules matérielles ne sont que de l'énergie concentrée selon certaines fréquences. Les particules stables correspondraient aux sommets de la courbe de résonance, et elles seraient comme des billes dans des trous profonds : même en secouant, il est dur de les en faire sortir. Et c'est le contraire pour les particules instables.